

中国海洋大学本科课程大纲

课程名称	现代数值方法选讲 Selected Topics of Advanced Numerical Methods	课程代码	075103201259
课程属性	专业知识	课时/学分	32/2
课程性质	选修	实践学时	
责任教师	谢树森	课外学时	64(32×2)

课程属性：公共基础/通识教育/学科基础/专业知识/工作技能，**课程性质：**必修、选修

一、课程介绍

1. 课程描述：

双曲守恒律方程（组）是最经典和应用最广泛的数学模型，数值方法是计算数学理论和方法课程体系的重要组成部分，现代数值方法选讲主要介绍近年来新发展的求解双曲守恒律方程（组）的数值解法，本课程针对高年级数学专业本科生学生开设，课程基本内容包括：波动方程、Burgers 方程、浅水波方程组、Euler 方程组、双曲守恒律系统的性质、迎风型差分格式、Godunov 方法、TVD 格式、本质无震荡（ENO）格式、加权本质无震荡（WENO）格式、间断有限元（DG）方法、Runge-Kutta 时间积分格式等。通过课程学习，要求学生掌握若干现代数值方法的基本理论和算法，能够借助 Matlab、Fortran 或 C 等编程语言对 Euler 方程等常见双曲守恒律方程（组）进行数值求解。微分方程数值解法的研究近年来发展迅速，新方法、新思想和新理论不断出现，实际讲授时可根据具体情况适当增补前沿进展。

2. 设计思路：

本课程引导高年级数学专业学生通过数值方法探讨和理解由实际问题所驱动的计算数学在理论和数值两方面的发展途径。课程内容的选取基于学生掌握了数值分析、偏微分方程数值解法和数学实验的基本内容。课程内容包括三个模块：双曲守恒律方

程（组）的基本概念、双曲守恒律方程（组）的性质及其相关的数值方法；这三方面相互关联，能够体现现代数值方法的基本特征。

双曲守恒律方程（组）的概念是现代数值方法选讲的基础部分，主要介绍守恒律方程（组）的推导过程及其积微分形式、激波的形成和波速、标量守恒律方程及其弱解、熵条件和熵函数、线性和非线性双曲守恒系统。

双曲守恒律方程（组）的性质是现代数值方法选讲的重要内容，为设计相关的数值方法奠定理论基础，主要介绍双曲守恒系统的特征映射、Riemann 问题及其精确解和近似解（稀疏波、接触间断、激波等）、CFL 稳定性条件。

双曲守恒律方程（组）的数值方法是现代数值方法选讲的核心内容，课程将以实际问题为引导，强调构建数值方法的基本思想和推导过程，探讨数值方法的原理（减少数值震荡的原理）；同时给出求解双曲守恒律方程（组）经典问题的数值方法的应用案例。主要介绍非线性问题的守恒型方法、Godunov 方法、Riemann 求解器、TVD 格式、高精度高分辨率方法（ENO 格式、WENO 格式和 DG 方法）。

3. 课程与其他课程的关系：

先修课程：数值分析、偏微分方程数值解法、数值代数、数学实验基础；

并行课程：数学实验、海洋环境中的数学模型等；

后置课程：计算流体力学。

二、课程目标

本课程目标是为高年级数学专业本科学生提供一个计算数学的应用窗口，引导学生结合双曲守恒律方程的特征性质和差分方法的基本思想去构造守恒型差分格式，进而导出典型差分格式和 DG 方法。通过数值方法编程实践训练、开展对实际问题的小组研讨（包括问题提出、模型建立、空间和时间离散、结果分析等）并提交研究报告，培养学生利用数值方法解决实际问题的能力、创新能力和团队合作意识。

课程结束时，学生具备如下知识和技能：

(1) 掌握双曲守恒律方程的推导过程及熵条件，理解激波形成的原因和衍化过程。

(2) 掌握双曲守恒系统的特征映射、Riemann 问题的精确解和近似解（稀疏波、接触间断、激波等）及构建双曲守恒系统守恒型差分格式和 DG 方法的基本思路，了解数值格式稳定性、收敛性及其理论分析过程。对小规模标量方程差分格式能给出书面推导过程。

(3) 掌握至少一种科学计算语言（Matlab、Fortran 或 C 等），利用现代数值方法对双曲守恒律方程的经典实际问题进行数值模拟，具备基本的算法语言编程能力。

(4) 理解数值方法在处理实际问题时所遵循的基本理念，初步具备通过口头或书面形式提供研究报告的能力。

三、学习要求

完成课程任务，要求学生做到：

(1) 按时上课，上课认真听讲，积极参与课堂讨论、随堂练习和测试。本课程包含较多的随堂练习、讨论、小组作业展示等课堂活动，课堂表现和出勤率是成绩考核的组成部分。

(2) 按时完成常规练习作业。这些作业要求学生书面形式提交，只有按时提交作业，才能掌握课程的内容。延期提交作业需要提前得到任课教师的许可。

(3) 完成教师布置的一定量的阅读文献和背景资料、理论探讨和编程算法等作业。这些作业能加深对课程内容的理解、促进同学间相互学习、引导对某些问题和理论的更深入探讨。

四、进度安排

序号	主题	计划课时	主要内容概述	实验实践内容或课外练习等
----	----	------	--------	--------------

1	守恒律方程（组）	2	守恒律方程（组）的起源、发展和特征等	守恒律方程（组）涉及的人物、故事、守恒律方程（组）的发展现状等文献查阅与综述
2	标量守恒律	2	线性对流方程、Burgers 方程	Burgers 方程的常见数值解法
3	浅水波方程组	2	浅水波方程组推导及其性质	求解浅水波方程组的常用数值方法
4	Euler 方程组，小结	2	Euler 方程组推导、特征变量	Euler 方程组的特征矩阵、特征向量
5	Riemann 问题	2	Riemann 问题精确解和近似解	Riemann 问题近似求解器
6	激波，激波形成的原因	2	激波的形成及其原因	激波的处理方法
7	稀疏波和接触间断	2	稀疏波和接触间断的形成及其原因	接触间断的处理方法
8	迎风格式	2	Runge-Kutta 时间积分方法和迎风格式	编写程序实现 Runge-Kutta 方法
9	Godunov 方法	2	Godunov 方法及其优缺点	编写程序实现 Godunov 方法
10	TVD 方法	2	TVD 方法及其优缺点	编写程序实现 TVD 方法
11	ENO、WENO 差分格式及其性质	6	ENO 差分格式推导及其优缺点，WENO 差分格式推导及其优缺点	编写程序实现 ENO 方法、WENO 方法；分析和比较 ENO 和 WENO 方法的性质
12	DG 方法及其性质	6	DG 方法推导，DG 方法的收敛性和稳定性，DG 方法的优缺点	编写程序实现 DG 方法；推导 DG 方法的收敛性和稳定性；分析和比较 DG 方法和 WENO 方法的性质

五、参考教材与主要参考书

1、选用教材：

《守恒律数值方法》，Lectures in Mathematics，世界图书出版公司，2010年9月出版。

2、主要参考书:

[1] 《计算流体力学入门》英文书名: Computational Fluid Dynamics-The basics With Applications, (John D. Anderson, JR 著), 姚朝晖 周强编译, 清华大学出版社, 2010年12月出版。

[2] 《偏微分方程的数值方法》(英文版), 英文书名: Numerical Partial Differential Equations Finite Difference Methods, (J.W. Thomas) 著, 世界图书出版公司, 1997年9月出版。

六、成绩评定

(一) 考核方式 C: A. 闭卷考试 B. 开卷考试 C. 论文 D. 考查 E. 其他

(二) 成绩综合评分体系:

成绩综合评分体系	比例%
1. 常规书面作业	20
2. 随堂练习、随堂测试、出勤率	15
3. 小组作业(程序)	15
4. 课程论文	50
总计	100

附: 作业、平时表现、论文评分标准

1) 作业的评分标准

作业的评分标准	得分
严格按照要求并及时完成作业, 基本概念清晰, 解决问题方案正确、合理, 能提出不同的解决问题方案。	90-100分
基本按照要求并及时完成作业, 基本概念基本清晰, 解决问题方案基本正确、基本合理。	70-80分
不能按照要求及时完成作业, 基本概念不清晰, 解决问题方案基本不正确、基本不合理。	40-60分

不能按照要求及时完成作业，基本概念不清晰，不能制定正确和合理解决问题的方案。	0-30 分
--	--------

2) 课堂讨论、小组作业、附加作业评分标准

课堂讨论、平常表现评分标准	得分
查阅资料充分、知识运用熟练，积极参与讨论、能阐明自己的观点和想法，能与其他同学合作、交流，共同解决问题。	90-100 分
基本做到资料查阅和知识运用，能参与讨论、能阐明自己的观点和想法，能与其他其他同学合作、交流，共同解决问题。	70-80 分
做到一些资料查阅和知识运用，参与讨论一般、不能阐明自己的观点和想法，与其他同学合作、交流，共同解决问题的能力态度一般。	40-60 分
不能做到资料查阅和知识运用，不积极参与讨论，不能与其他同学合作、交流，共同解决问题。	0-30 分

3) 论文评分标准：

评价项目	评价标准	满分
选题质量	选题符合专业培养目标，体现综合训练要求；题目具有适当难度，有一定的理论意义或实际意义	20
文献资料利用能力	能独立地利用多种方式查阅中外文献；能正确翻译外文资料；能正确有效地利用各种文献资料	10
实验研究能力	研究方案设计合理；实验方法科学；技术路线可行；实验数据可靠；计算正确；理论分析合乎逻辑；动手能力强；能独立完成研究任务；研究结果客观真实；能综合运用所学知识发现和解决实际问题	20
论文（设计）质量	结构严谨，逻辑性强；语言文字表达准确、流畅；格式、图、表规范；有一定的学术水平或应用价值	30
创新能力	体现较强的创新意识；应用新理论、新方法，解决新问题；工作有独到见解或新突破	10
工作态度和工作量	工作认真主动；作风扎实严谨；工作量饱满；圆满完成了任务书所规定的各项任务	10
总分		100

七、学术诚信

学习成果不能造假，如考试作弊、盗取他人学习成果、一份报告用于不同的课程等，均属造假行为。他人的想法、说法和意见如不注明出处按盗用论处。本课程如有发现上述不良行为，将按学

校有关规定取消本课程的学习成绩。

八、大纲审核

教学院长：

院学术委员会签章：